

УДК 678.027

Д.С. Гончарёнок, магистрант

Е.И. Кордикова, доц., канд. техн. наук

А. В. Спиглазов, доц., канд. техн. наук

kordikova@tut.by; deggi@mai.ru (БГТУ, г. Минск)

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГАБАРИТНЫХ ИЗДЕЛИЙ (ОБЗОР)

В настоящее время для получения изделий из композиционных материалов (КМ) на основе термореактивных связующих используются различные способы формования. Это объясняется разнообразием свойств исходных компонентов композитов, заготовок, а также различными требованиями к прочности и другим параметрам изделий.

Наиболее простыми способами получения габаритных изделий являются контактное формование и метод напыления. Главные недостатки указанных технологий – длительность процесса и большое количество отходов. Суть современных процессов получения крупногабаритных изделий заключается в совмещении операций пропитки наполнителя связующим и формования детали, что приводит к сокращению временного цикла изготовления детали, уменьшения отходов, энерго-, ресурсо- и трудозатрат и, как следствие, удешевлению технологии. В настоящее время рассматривают три таких технологии: пропитка под давлением; инфузионная пропитка под вакуумом; пропитка пленочным связующим.

Пропитка под давлением (Resin Transfer Molding – RTM). Суть способа заключается в следующем: армирующий наполнитель в необходимом количестве укладывается в форму, которая далее герметизируется, и через дренажную систему под давлением в нее подается связующее [1, 2]. Процесс пропитки идет до тех пор, пока связующее не заполнит все свободное пространство формы (рисунок 1).

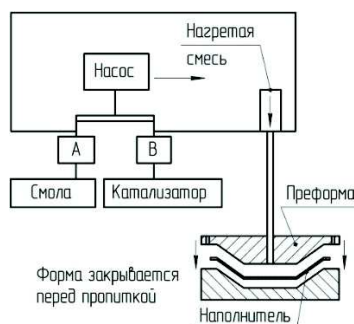


Рисунок 1 – Схема процесса пропитки под давлением
(технология RTM)

К преимуществам такого способа можно отнести: хорошие условия труда; возможность изготовления деталей сложной формы;

возможность использования трехосно-армированных наполнителей, относительно невысокая стоимость процесса.

Наряду с преимуществами имеются недостатки: длительность процесса; зависимость качества детали от правильности расположения трубок дренажной системы; конструктивная сложность и высокая стоимость оснастки.

Инфузионная пропитка под вакуумом (VacuumInfusion – VARTM). Технология инфузионной пропитки под вакуумом очень близка к технологии RTM [1]. Однако имеет ряд существенных отличий. Пропитка и формование детали происходит на открытой оснастке с закрепленным на ней вакуумным мешком (рисунок 2).

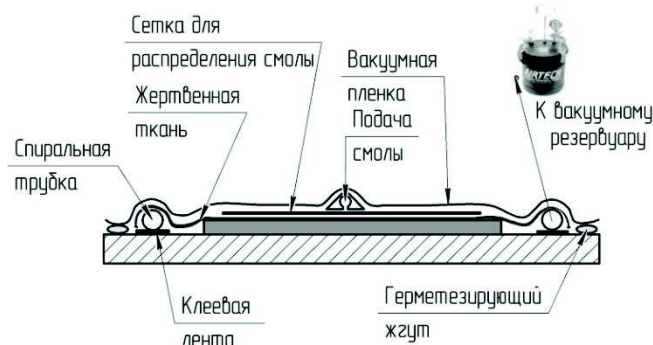


Рисунок 2 – Схема пропитки методом вакуумной инфузии

К основным недостаткам технологии вакуумной инфузии относятся: трудности воспроизводимости процесса, позволяющего получать детали со стабильными геометрическими и физико-механическими характеристиками. На толщину детали влияют только объем связующего, закачанного под вакуумный мешок. Контролировать и задавать количество связующего, поступающего в заготовку, довольно затруднительно, так как на сегодняшний день механизмы влияния на процесс пропитки наполнителя связующим при технологии вакуумной инфузии мало изучены. К недостаткам так же можно отнести ограничение реализуемого давления одной атмосферой. Тем не менее, в настоящее время технология вакуумной инфузии является главной альтернативой технологии контактного формования при изготовлении габаритных изделий различного назначения.

Пропитка пленочным связующим (ResinFilmInfusion- RFI). Помимо технологий пропитки под давлением и вакуумной инфузии применяется технология пропитки пленочными связующими. Технология RFI-пропитки наполнителя осуществляется не в продольном, а в поперечном направлении, что значительно сокращает путь, который необходимо преодолеть связующему, и время пропитки [1, 2]. Суть способа RFI заключается в следующем: на оснастку выкладываются слои армирующего наполнителя и связующего в виде пленки; формируется техно-

логический пакет; проводится режим формования в печи под действием вакуума или в автоклаве при избыточном давлении (рисунок 3).

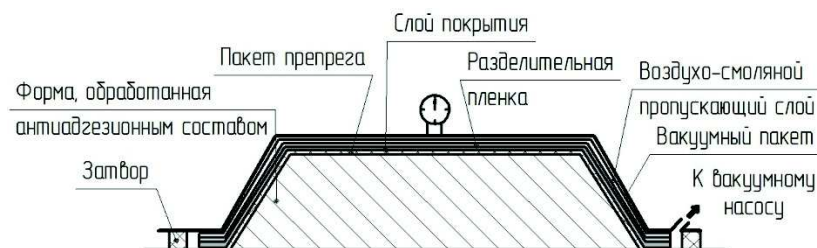


Рисунок 3 – Схема пропитки пленочным связующим (технология RFI)

На процесс пропитки армирующего наполнителя связующим в ходе процесса RFI влияет большое количество характеристик связующего и наполнителя. Одним из недостатков данной технологии являются достаточно жесткие требования к применяемому связующему по реологии.

Исходя из выше перечисленного перечня технологий наиболее приемлемыми, являются: пропитка под давлением (RTM) и инфузионная пропитка под вакуумом (VARTM). Для более детального сравнения представлены показатели технологичности и стоимостное сравнение всех широко распространенных методов формования крупногабаритных изделий в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели технологичности получения крупногабаритных изделий различными методами из волокнистых КМ [2, 3]

Показатель	Контактное формование	Пропитка под давлением (RTM)	Вакуумная инфузия (VARTM)	Пропитка пленочным связующим
1	2	3	4	5
Инвестиции	малые	умеренные	малые	большие
Объем выпуска	малый	средний	средний	большой
Трудоемкость	высокая	умеренная	умеренная	малая
Время цикла, мин	более 40	0,5–5 (помимо заготовок)	0,5–5	0,5–5
Содержание наполнителя / пор, об. %	10–35 / 2–3	40–80 / 0,5–2,0	40–80 / 0,5–1,5	40–80 / 0,5–1,5
Форма изделий	преимущественно плоская		сложная	
Площадь в плане, м ²	0,5–100	0,5–10	не ограничено	0,5–10
Толщина стенки, мм	2–10	2–5*	2–5*	2–8*
Наличие ребер и пазов	возможно			нежелательно
Наличие отверстий	ограничено	возможно		
Лицевая поверхность	с одной стороны	возможно с 2-х сторон	с одной стороны	

Сравнение методов формообразования изделий из КМ с полимерной матрицей в стоимостном выражении представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Стоимостное сравнение методов формообразования изделий из КМ с полимерной матрицей [3]

Показатель	Контактное формование	Пропитка под давлением (RTM)	Вакуумная инфузия (VARTM)	Пропитка пленочным связующим
Типичное время цикла	5 ч	10–60 мин	10–60 мин	1 ч
Стоимость оборудования, \$ 1000	–	5–10	2–5	5–7
Стоимость оснастки, \$	100–500	300–1000	100–500	300–700
Стоимость продукта, производимого за цикл, \$	5–25	1–10	1–10	5–15
Стоимость продукта производимого за 1ч, \$	1,5	6–10	2–8	5–15

По приведенным выше данным можно говорить, что технология вакуумной инфузии имеет ряд преимуществ по сравнению с широко применяемыми методами. В частности, за счет возможности не приобретать дорогостоящего оборудования (формообразующей оснастки и подачи связующего), снижения отходов материала, а также однородности материала по объему (отсутствие воздушных включений) и более простого способа изготовления изделия (технологичности), что приводит к уменьшению их себестоимости.

ЛИТЕРАТУРА

1 Применение прямых методов формования при производстве крупногабаритных деталей из стеклопластиков./ В.А. Нелюб, Д.В. Гращенков// Электронный научный журнал «Химическая технология», т.13, №12, 2002г. – 13с.

2 Формообразование изделий из композиционных материалов: учеб. Пособие для студентов специальностей «Конструирование и производство изделий из композиционных материалов»./ В.П. Ставров.- Минск : БГТУ, 2006. – 482 с.

3 Чурсова Л.В., Душин М.И., Хрульков А.В. и др. Особенности технологии изготовления деталей из композиционных материалов методом пропитки под давлением. 7 Мат. Межотрасл. научно-технич. конф. «Композиционные материалы в авиакосмическом материаловедении», посвященная 100-летию со дня рождения А.Т. Туманова. 2009. С. 1S.